

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA



Facultad de Ingeniería Industrial

Escuela Profesional de Ingeniería



Agroindustrial e Industrias Alimentarias

INFORME DE INVESTIGACIÓN PROFESIONAL

**“APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DE PINZOTE DEL CULTIVO DE
BANANO PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA DE PAPEL”**

Presentado por:

Bach. JEZER LUDWIG MORE CALERO

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.**

Línea de Investigación:

Agroindustria y seguridad alimentaria

Sub línea de investigación:

Transformación de productos agrícolas.

Piura, Perú

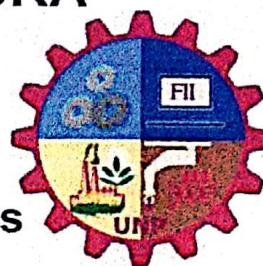
2019

Hoja de firmas de ejecutores

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA



Facultad de Ingeniería Industrial
Escuela Profesional de Ingeniería
Agroindustrial e Industrias Alimentarias



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN PROFESIONAL

“APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DE PINZOTE DEL CULTIVO DE
BANANO PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA DE PAPEL”

Línea de investigación:
Agroindustria y Seguridad Alimentaria

Bach. JEZER LUDWIG MORE CALERO

(Tesista)

Ing. Corina Sandoval Morales Msc.
(Asesora)

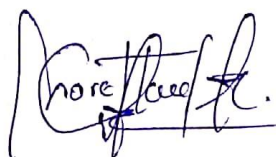
**DECLARACIÓN JURADA
DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Yo: **JEZER LUDWIG MORE CALERO** identificado con DNI N° **47421637**, Bachiller de la Escuela Profesional de **Ingeniería Agroindustrial e Industrias Alimentarias** de la Facultad de **Ingeniería Industrial**

DECLARO BAJO JURAMENTO: que la tesina que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo que digo, firmo la presente.

Piura, 17 de junio, del 2019.



Bach. Jezer Ludwig More C
DNI N° 47421637



Huella digital

Artículo 411.- El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación a hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

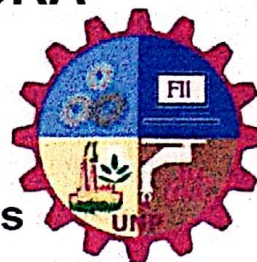
Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales –RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD

Hoja de firmas del jurado

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA



Facultad de Ingeniería Industrial
Escuela Profesional de Ingeniería
Agroindustrial e Industrias Alimentarias



INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN PROFESIONAL

“APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DE PINZOTE DEL CULTIVO DE
BANANO PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA DE PAPEL”

Línea de investigación:
Agroindustria y Seguridad Alimentaria

Aprobado por los jurados:

Ing. Teobaldo León García.

Ing. Jorge A. Chunga Carmen.

Ing. Víctor E. Crisanto Palacios.



ACTA DE EVALUACIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

Los miembros del Jurado Calificador del Informe de Investigación denominado **"APROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DE PINZOTE DEL CULTIVO DE BANANO PARA LA OBTENCIÓN DE PULPA DE PAPEL"**, presentado por el Bachiller: **JEZER LUDWIG MORE CALERO**, participante del Programa de Actualización para Titulación Profesional en la **ESPECIALIDAD DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**, Versión XVI 2019-1; asesorado por la **MSc. Corina Sandoval Morales**; habiendo revisado el informe de investigación y absueltas las interrogantes formuladas por el Jurado Calificador, lo declaran:

APROBADA



Con los calificativos:

- JEZER LUDWIG MORE CALERO

SOBRESALIENTE

Piura, 22 de junio de 2019

MSC. TEOBALDO LEÓN GARCÍA
Miembro del Jurado Calificador

ING. JORGE CHUNGA CARMEN
Miembro del Jurado Calificador

MBA. VÍCTOR ENRIQUE CRISANTO PALACIOS
Miembro del Jurado Calificador

DEDICATORIA

Se dedica este trabajo de investigación a:

La profesora MSc. Magna Calero Girón, por ser una excelente madre, mentora y amiga.

El profesor MSc. Leonardo Rodrigo More Santur, por ser un excelente padre, mentor y amigo.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, que ha sido el apoyo y empuje constante que me ha traído hasta este momento.

ÍNDICE

Hoja de firmas de ejecutores	ii
DECLARACIÓN JURADA.....	iii
Hoja de firmas del jurado	iv
Acta de sustentación	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS.....	vii
Índice de Tablas	x
Índice de figuras	x
Índice de anexos	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA	3
1.1 Descripción de la realidad problemática	3
1.2 Justificación e importancia de la investigación.....	4
1.3 Objetivos:	5
1.3.1 <i>Objetivo General</i>	5
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	5
1.4 Delimitaciones de la investigación	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Antecedentes de la investigación.....	6
2.2. <i>Bases teóricas</i>	7
2.2.1. <i>Breve descripción del papel.</i>	7
2.2.2. Fuentes de fibra para pulpa de papel.....	7
2.2.3. <i>Fibras madereras</i>	8
2.2.4. <i>Fibras no madereras.</i>	9
2.2.5. Los residuos del cultivo de banano.	11
2.3. Glosario de términos básicos.	14
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	17
3.1. <i>Enfoque y diseño.</i>	17
3.2. <i>Sujetos de la investigación.</i>	17
3.3. <i>Métodos y procedimiento</i>	18
3.3.1. <i>Localización y Toma de muestra.</i>	18
3.3.2. <i>Pretratamiento de la muestra o materia prima.</i>	18

3.3.3. Tratamiento químico de la muestra.....	19
3.4. Técnicas e instrumentos.	23
3.4.1. Tipo de muestreo:.....	23
3.4.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	23
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.	24
4.1. Resultados.....	24
4.2. Discusiones.....	28
CONCLUSIONES:	31
RECOMENDACIONES:.....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
ANEXOS.....	34
Anexo 1: Sitio de muestreo	34
Anexo 2: Pretratamiento de la muestra.....	34
Anexo 3: Tratamiento de la muestra	35
Anexo 4: Obtención de la pulpa.....	35
Anexo 5: Blanqueamiento de la pulpa.....	36
Anexo 6: Fibrilación o Refinado.	36
Anexo 7: Evaluación por microscopía óptica	37

Índice de Tablas

TABLA 1: CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y QUÍMICAS DE MUSA BALBISIANA Y MUSA ACUMINATA	13
TABLA 2: RENDIMIENTO TEÓRICO DE PULPA OBTENIDO A PARTIR DE LOS DATOS DE TURRADO ET AL. (2009).....	13
TABLA 3: DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DEL PINZOTE DE CULTIVO DE BANANO.	24
TABLA 4: DETERMINACIÓN DE HUMEDAD Y PESO SECO DE LA PULPA OBTENIDA.	24
TABLA 5: TIEMPOS DE COCCIÓN Y RENDIMIENTOS.	25
TABLA 6: EVALUACIÓN MICROSCÓPICA DE LA PULPA DE PINZOTE DE BANANO.....	25

Índice de figuras

FIG 1: COMPONENTES DE LA PLANTA DE BANANO.	12
FIG 2: UBICACIÓN DE LA ZONA DE MUESTREO	17
FIG 3: PULPA DE PAPEL MANILA:	26
FIG 4: PULPA DE CARTÓN CORRUGADO:	26
FIG 5: PULPA DE PAPEL BOND:	27
FIG 6: PULPA DE PINZOTE DE BANANO:	27

Índice de anexos

ANEXO 1: SITIO DE MUESTREO	34
ANEXO 2: PRETRATAMIENTO DE LA MUESTRA	34
ANEXO 3: TRATAMIENTO DE LA MUESTRA.....	35
ANEXO 4: OBTENCIÓN DE LA PULPA.....	35
ANEXO 5: BLANQUEAMIENTO DE LA PULPA.....	36
ANEXO 6: FIBRILACIÓN O REFINADO.	36
ANEXO 7: EVALUACIÓN POR MICROSCOPÍA ÓPTICA	37

RESUMEN

La industria papelerera maderera es una de las grandes contribuyentes al deterioro ambiental y cambio climático al deforestar miles de hectáreas de bosques, el objetivo principal de este proyecto de investigación fue plantear una alternativa que aporte en parte a la solución de esta problemática a través de la utilización de un producto residual de la actividad agrícola, el pinzote del cultivo de banano (fibra no maderable), como fuente de celulosa, para la obtención de pulpa de papel.

Piura es una región líder en producción de banano a nivel nacional, teniendo alrededor de 15477 ha cultivadas, que en campo generan alrededor de 1100 plantas por hectárea de las cuales solo se aprovecha el fruto. Esto demuestra las deficiencias técnicas que impiden el aprovechamiento de estos recursos para generar un valor agregado a la producción de banano en la región.

Para la obtención de pulpa de papel, en este proyecto de investigación se empleó el proceso de cocción químico-alcalina con NaOH a tres diferentes concentraciones para evaluar la influencia de este reactivo en el rendimiento y tiempo de cocción (proceso de degradación de lignina y hemicelulosa) de los pinzotes; así como también una evaluación microscópica a aumentos de 100X y 400X de las fibras obtenidas del pinzote de banano para compararlas con pulpas de papel manila, papel bond y cartón con el fin de evidenciar su calidad.

Del estudio se obtuvo un rendimiento máximo de 2,6% de pulpa de papel con una concentración del 5% en peso de NaOH, además de muy buenas características morfológicas de las fibras observadas en el microscopio.

Palabras clave: fibras no maderables, pulpa de papel, celulosa, lignina, hemicelulosa.

ABSTRACT

The wood paper industry is one of the major contributors to environmental degradation and climate change by deforesting thousands of hectares of forests, the main objective of this research project was to propose an alternative that contributes in part to the solution of this problem through the use of a residual product of agricultural activity, the pinzote of the banana crop (non-timber fiber), as a source of cellulose, to obtain paper pulp.

Piura is a leading region in banana production nationwide, having around 15477 cultivated hectares, which in the field generate around 1100 plants per hectare of which only the fruit is used. This demonstrates the technical deficiencies that impede the use of these resources to generate an added value to banana production in the region.

To obtain paper pulp, in this research project the chemical-alkaline cooking process was used with NaOH at three different concentrations to evaluate the influence of this reagent on the yield and cooking time (degradation process of lignin and hemicellulose) of the pinzotes; as well as a microscopic evaluation at 100X and 400X magnifications of the fibers obtained from the banana pinz to compare them with manila paper pulps, bond paper and cardboard in order to show their quality.

The study obtained a maximum yield of 2.6% of paper pulp with a concentration of 5% by weight of NaOH, in addition to very good morphological characteristics of the fibers observed in the microscope.

Key words: non-wood fibers, paper pulp, cellulose, lignin, hemicellulose.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, nuestro planeta atraviesa por una crisis ambiental que pone en peligro no solo a los ecosistemas, sino también al ser humano.

La deforestación de bosques, la degradación de suelos y la generación de residuos, son algunos de los factores que contribuyen con la contaminación ambiental y el cambio climático, siendo imperativo generar alternativas que, desde nuestro campo, la ingeniería agroindustrial, colaboren con la preservación del equilibrio medioambiental y aseguren la subsistencia de las futuras sociedades humanas.

En ese sentido, el presente trabajo de investigación se ha realizado con el propósito de aportar, en parte, a la solución de esta problemática, dado que la industria del papel en el mundo consume al año alrededor de 2 mil millones de toneladas de madera, provocando la deforestación de miles de hectáreas de bosques al año, además de consumir 100 litros de agua por cada kilogramo de papel producido (Cortázar, 2010), y utilizar grandes cantidades de energía.

Una alternativa de aporte a esta problemática se presenta en la actividad agrícola, la cual genera residuos que la mayoría de las veces no son aprovechados y terminan siendo acumulados, y utilizados como abono o como alimento de ganado (por ejemplo: el pinzote y planta de banano), perdiendo así la oportunidad de dar valor agregado al cultivo y generar mayores ingresos a los productores.

Es por ello, que el objetivo de este proyecto de investigación se centra en el aprovechamiento de este recurso (el pinzote del cultivo de banano) en la producción de pulpa de papel utilizando el método químico de cocción alcalina, contribuyendo a disminuir los costos económicos y ambientales que involucran a la industria papelerero-maderera.

A continuación, se describe de forma breve los capítulos de este trabajo, para dar una orientación más clara del contenido de este:

El capítulo I contiene la redacción del problema de investigación en el cual se describen algunos aspectos sobre la situación del cultivo de banano en el país y región, resumiendo la intencionalidad del estudio, a la vez se describe la justificación centrada en la problemática medio ambiental y en la utilización de

residuos agrícolas como una opción reducir la tala de árboles y generar valor agregado, también se precisan los objetivos y se delimita la investigación.

En el capítulo II se desarrolla el marco teórico de la investigación, los antecedentes tanto internacional, nacional como regional que afianzan la producción de pulpa de papel a partir de los residuos del cultivo de banano, además se propone una recopilación de las teorías que han respaldado y fueron base de la investigación, después de esta revisión se recogen todos los términos que son imprescindibles para la comprensión de esta investigación y se responde a los objetivos planteados a través de hipótesis.

En el capítulo III se detalla la metodología de la investigación que comprende el enfoque, diseño, el apartado de sujetos de investigación, se manifiesta la población y muestra, seguidamente se expone la manera de realización de la investigación a través de la aplicación del proceso de cocción químico alcalina, y finalmente las técnicas e instrumentos.

El capítulo IV contempla los resultados de la investigación y la propuesta. Seguido de las discusiones, conclusiones y recomendaciones. Posteriormente, se encuentra la bibliografía y tras esta, los anexos que contienen las evidencias fotográficas.

CAPITULO I: ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA

1.1 Descripción de la realidad problemática

Perú es un país que tiene gran cantidad de producción de banano, según el MINAGRI, pasó de tener 140 mil hectáreas del cultivo en el 2004 a 162 mil en el 2014, representando el 3.9% del valor de Producción del Subsector Agrícola. Actualmente, el banano se cultiva en 12 departamentos del país: San Martín, Loreto, Ucayali, Junín, Huancayo, Amazonas, Piura, Pasco, Cajamarca, Tumbes, Cuzco y Madre de Dios; del total de la superficie de banano cultivado en el país, solo el 4% es banano orgánico certificado de la variedad Cavendish, que se localiza en la zona norte del Perú (Piura, Tumbes y Lambayeque), mientras el 96% restante corresponde a banano convencional cuya producción se destina al mercado interno.

Según el boletín de junio del 2018 de la gerencia regional de desarrollo económico de Piura, nuestro departamento cuenta con alrededor de 15477 hectáreas de cultivo de banano. Solo la Asociación de pequeños Productores Orgánicos de Querecotillo- Sullana (APOQ), que se encuentra ubicada en el Valle del Chira, la zona de producción más representativa del cultivo de banano de esta región y el Perú, contaban hasta el año 2018 con 450 hectáreas (según la agencia peruana de noticias “ANDINA”), resaltando también a los productores de las provincias de Morropón y Paita.

Piura posee liderazgo en el país en cuanto al cultivo de banano teniendo alrededor de 15477 ha. Sembradas, que en campo genera alrededor de 1100 plantas por hectárea que se cosechan cada 20 días en temporada, generando residuos vegetales dispuestos como material de desecho, que son mínimamente aprovechados por los productores. Esto demuestra las deficiencias técnicas que impiden el aprovechamiento de estos recursos para generar un valor agregado a la producción de banano en la región.

Por lo tanto, es muy conveniente implementar procesos y tecnologías que contribuyan al aprovechamiento integral de este y otros cultivos en post del desarrollo de la agroindustria, de la economía y de la conservación de nuestros bosques.

1.2 Justificación e importancia de la investigación

El tema en estudio se ha realizado con el propósito de aprovechar uno de los residuos agrícolas del cultivo de banano, el pinzote, una materia prima disponible y barata, de fácil obtención, de fácil procesamiento con tecnología existente y poco sofisticada, para obtener un producto final con buenas características como es la pulpa de papel.

La utilización de fibras no maderables para la producción de papel en nuestra región, contribuiría a la disminución de residuos que se generan en la actividad agrícola, los cuales algunas veces son mínimamente aprovechados y otras en el caso de muchos productores empíricos, son simplemente depositados en el suelo causando problemas de carácter ambiental y económico.

La importancia de esta investigación, además de servir de base para otros trabajos en las distintas universidades, reside en el aporte a la agroindustria regional y nacional, dando una visión de valor agregado para los productos residuales obtenidos de la producción de los diferentes cultivos, beneficiando con esto tanto a nuestros productores como a la industria papelera.

Finalmente, este proyecto es importante porque contribuye al desarrollo sostenible, utilizando un recurso completamente renovable; que además de tener la potencialidad para generar beneficios económicos, también contribuye en plantear una opción para evitar la deforestación de bosques y contribuir con ello a la recuperación del equilibrio medio ambiental.

1.3 Objetivos:

1.3.1 *Objetivo General*

- ✓ Obtener pulpa de papel a partir del pinzote de banano.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

- ✓ Evaluar la eficiencia de tres diferentes concentraciones de hidróxido de sodio con respecto al tiempo de cocción de la fibra y rendimiento de pulpa de papel.
- ✓ Evaluar mediante microscopía óptica la morfología, y distribución de las fibras de pulpa de papel obtenida del pinzote de cultivo de banano con tres clases de pulpa, de cartón corrugado, papel manila y papel bond, con el fin de evidenciar la calidad de la pulpa obtenida.

1.4 Delimitaciones de la investigación

La ejecución de esta investigación se realizó en los laboratorios de agroindustria y control de calidad, en las instalaciones de la planta de procesos agroindustriales de la Universidad Nacional de Piura, contando con recursos propios de los tesisistas en el presente año 2019. El tiempo que duró la ejecución del proyecto fue de 04 meses.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

2.1 Antecedentes de la investigación.

López (2011), menciona que “La agricultura es una de las principales fuentes de generación de residuos en el mundo industrializado. La gran mayoría de estos desechos están compuestos principalmente por tallos, raíces, hojas u otras partes de las plantas que generalmente son apartados como inútiles”.

En Costa Rica, motivados por el proyecto piloto sobre la producción de papel a partir de la fibra del pinzote de plátano, emprendido por EARTH en 1991, tres compañías locales (Papel Natural de Costa Rica, Criotécnica y CONAPA) han completado estudios orientados hacia la utilización de estas fibras para la producción comercial de productos de papel (Calle et al., 2014).

En varios países de Latinoamérica como Nicaragua, México, Colombia, Ecuador, Paraguay y Bolivia se han realizado investigaciones sobre el uso de fibras no maderables para la obtención de papel, utilizando métodos artesanales y químicos para su obtención (Lopez, 2011; Calle et al., 2014; Alarcón y Marzocchi, 2015)

El banano contiene fibras celulósicas que pueden ser explotadas, siendo estas objeto de estudio para obtener pulpa de papel (Alarcón y Marzocchi, 2015)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Breve descripción del papel.

El papel es un material constituido por una delgada lámina elaborada a partir de pulpa de celulosa, elaborada con una pasta de fibras vegetales molidas, suspendida en agua, generalmente blanqueada, y posteriormente secada y endurecida, a la que normalmente se le añaden sustancias como polipropileno o polietileno con el fin de proporcionarle características especiales. Las fibras que lo componen están aglutinadas mediante enlaces por puente de hidrógeno (García, 2007).

Las fuentes de fibras para elaborar papel, según los tipos de masas forestales son las siguientes: 17% procede de Bosques Primarios (bosques vírgenes), sobre todo en regiones boreales; el 54% de bosques secundarios; y, por último, el 29% de plantaciones forestales. En muchos lugares del planeta, los bosques y otros ecosistemas naturales han sido y son todavía sustituidos por plantaciones de árboles de crecimiento rápido cuya gestión implica la utilización masiva de herbicidas y fertilizantes químicos tóxicos. Además, los monocultivos de árboles para la industria del papel son frecuentemente rechazados por las comunidades locales debido a sus impactos negativos sobre los modos de vida y el bienestar de la población. (Soto Caba, M. Á., 2005)

La materia prima fundamental para fabricar papel es la celulosa, constituyente esencial de los tejidos vegetales, cuya función es la de dar resistencia a los mismos. Se la obtiene principalmente de madera (55%), de otras fibras vegetales denominadas no madereras (9%) y de papel recuperado (16%) (Aguilar et al., 2007)

2.2.2. Fuentes de fibra para pulpa de papel.

Según Saldívar Chea, V. (2005), para considerar a una planta como fuente de obtención de fibras para pulpa y papel, dependerá principalmente de la forma de sus células, las cuales almacenan un polímero llamado celulosa en diferentes grados de pureza en sus paredes celulares, siendo este componente la sustancia básica del papel. Las fibras se caracterizan por tener una longitud mucho mayor que su diámetro, además que las propiedades celulósicas le otorgan al papel elasticidad, flexibilidad y resistencia a la tensión requeridas.

Según Libby, mencionado por Saldívar Chea (2005), las fibras vegetales se clasifican de la siguiente manera:

A. Fibras de frutos

- ✓ Pelos de semillas (algodón)
- ✓ Vainas
- ✓ Cáscara (coco)

B. Fibras de tallos

- ✓ Fibras de madera: gimnospermas y angiospermas
- ✓ Fibras liberianas:
 - Plantas maderables: tejido liberiano de la corteza interior de los árboles de gimnospermas y angiospermas.
 - Herbáceas dicotiledóneas: linaza, cáñamo, yute, ramio, banano, etc.
- ✓ Haces vasculares de monocotiledóneas: Pajas de cereales, bagazo, bambú, esparto, carrizos, caña brava.

C. Fibras de hojas: abacá, sisal, phormium, piña, caroa, palma aceitera, etc.

2.2.3. Fibras madereras.

Según Mc Ginnis, citado por Saldívar Chea, V. (2005), las paredes celulares de la planta en la madera están formadas por celulosa y hemicelulosas enlazadas mediante la lignina, un polímero aromático altamente oxigenado, con un esqueleto de fenilpropano que se repite, siendo la celulosa el componente estructural de mayor interés en las paredes celulares de las plantas.

Bublitz, citado por Saldívar Chea, V. (2005), señala que las traqueidas (en ocasiones conocidas como fibras), pertenecientes al grupo de maderas coníferas, constituyen más del 90% del volumen de la mayoría de las maderas suaves o coníferas, y forman células principalmente utilizadas en la producción de papel. Las traqueidas tienen un largo promedio de 3 a 5 mm, la relación de su longitud a su anchura excede con frecuencia la relación de 100:1, razón por la que son tan adecuadas para la producción de buen papel.

Braier et al. (2004) menciona que las fibras madereras son las fibras más utilizadas por la industria papelera. Estas representan más del 75 % del total

mundial de las fibras que se consumen en dicha industria; siendo los grandes productores de pulpa y papel en el mundo, Canadá, Estados Unidos y los Países Escandinavos.

Asimismo, Peña et al. (2002), resume la clasificación de las fibras maderables según su tamaño como:

Fibras cortas.

Proviene de árboles de madera dura, como el eucalipto y algunas especies frondosas (abedul, chopo, arce o haya), y su longitud está comprendida entre los 0,75 mm. y los 2 mm. de largo, conteniendo además un porcentaje más elevado de celulosa.

Fibras largas.

Proviene de árboles de madera blanda, fundamentalmente coníferas como el abeto y el pino, y su longitud está comprendida entre los 3 y 5 mm., resultando la pasta de papel más resistente.

2.2.4. Fibras no madereras.

Según Pande, H. (1999), la definición científica de fibra no leñosa es la de un material vegetal celulósico, distinto de la madera, del que se puede extraer fibra para la fabricación de papel. La mayoría de las plantas no leñosas son anuales y alcanzan su máximo potencial fibroso en un ciclo de desarrollo vegetativo, o aún menor.

Bublitz, citado por Saldívar Chea, V. (2005), señala que, la historia del papel registra que se hizo originalmente con fibras procedentes de tejidos no leñosos o plantas no madereras, tales como cortezas, algodón, lino, pastos y cañas. El avance en la tecnología de la producción química y mecánica de la pulpa desplazó su interés, promoviendo el cambio de las plantas no leñosas a los materiales de madera, a mediados del siglo XIX. En la actualidad, la mayor parte de la pulpa y el papel producidos en el mundo se obtiene a partir de la madera, lo que es evidentemente cierto, allí donde esta materia prima abunda y es relativamente barata. En muchas zonas del mundo, sin embargo, los recursos de madera son limitados; por el contrario se dispone de cantidades considerables de plantas

anuales, algunas de las cuales constituyen una fuente excelente de fibras para la industria del papel.

Jacobs, citado por Saldívar Chea, V. (2005), explica que existen dos tipos de fibras no madereras: unas son las que provienen de plantas que se cultivan exclusivamente para la producción de fibras, tales como, el kenaf, cáñamo, lino, entre otras. El otro tipo de fibras son las que provienen de una actividad agroindustrial, siendo la parte fibrosa un residuo aprovechable para fabricar papel. El mismo autor señala que dentro de las regiones con mayor disponibilidad de este tipo de fibras, destaca Asia, seguido de lejos por América del Sur, Europa y América Central; sin embargo, la participación de las fibras no madereras en la producción de pulpa para papel es, por lo general, muy baja.

Según Peña et al. (2002), las fibras no madereras provienen de diferentes especies de arbustos. En los países industrializados se utilizan para producir papeles especiales, sin embargo, en otros países son la principal materia prima para la fabricación de papel, así, en China suponen el 60% de las fibras utilizadas para la producción de papel. Estas fibras presentan un gran potencial de desarrollo para sustituir a las fibras madereras. Las especies más utilizadas son:

Algodón.

Las fibras tienen una longitud superior a los 12 mm. y se utilizan en la fabricación de papeles finos de escritura

Cáñamo.

Las fibras tienen una longitud superior a los 5 mm. y proceden de cordeles viejos y otros desperdicios. Sirven como materia prima para la producción de papel de fumar.

Fibra de plátano.

En experiencias realizadas por el Ingeniero Químico Ervin López en el Laboratorio de la Universidad Nacional se obtuvieron fibras de longitudes de entre 3,48 cms. Y 10,25 cms. En nuestra experiencia con rodillo mecánico, dependiendo de la forma como se introdujo la penca al exprimido y/o del tamaño del picado, se

lograron fibras de 12 cms. Como en los procesos para la fabricación del papel, en la operación de batido, estas longitudes se reducen considerablemente, para la extracción en situ, la penca se debe picar en pedazos no mayores a 10 cms., lo que permite obtener fibra de 4 hasta 40 mm., que pueden ser utilizadas para papeles de alta resistencia. Como se puede apreciar al compararlas con las longitudes de las otras fibras, los resultados son muy buenos.

2.2.5. Los residuos del cultivo de banano.

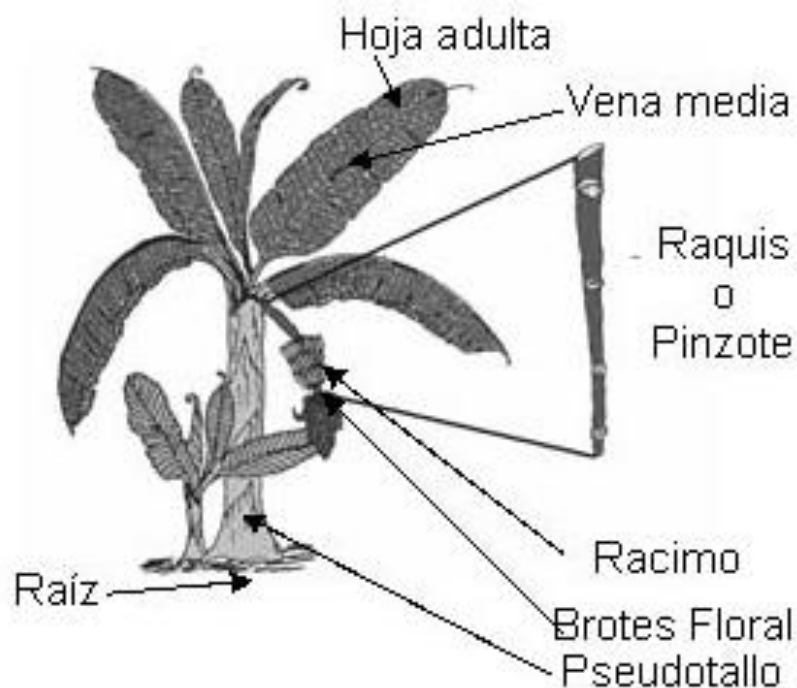
El banano, es una planta que no posee tallo leñoso persistente sobre el suelo y que está presente principalmente en países tropicales. La industria platanera produce una gran cantidad de residuos vegetales, pues de esta planta solamente se aprovecha su fruto. El resto: fundamentalmente el pinzote (parte de la planta que sostiene las bananas) se deshecha en grandes cantidades en cada recolección. Debido a que el pinzote es una parte de la planta con buena densidad de fibra, es posible utilizarlo como materia prima para la obtención de celulosa con la que fabrican papel. (López, 2011).

Puede aprovecharse toda la planta de banano para la extracción de fibras en la elaboración de papel, especialmente las fibras del pinzote o raquis (parte de la planta que crece desde el centro del seu do tallo y se desarrolla al exterior de la planta, conformando un tallo independiente del que nace la fruta). El color del papel que se obtiene con esta fibra es un café claro o beige con un lustre muy llamativo. Esta especie tiene apariencia de árbol, pero es una planta herbácea gigante y pertenece a la familia de las Musáceas (Aguilar, S., Ramírez, J. y Malagón, O., 2007)

La composición química de los residuos del cultivo de plátano, contienen lignina en un 9-10 %, que es un biopolímero aromático amorfo difícil de biodegradar, junto con un 61.1% de celulosa que constituyen los productos principales de este residuo, lo convierte en una opción favorable para la producción de papel (Meneses et al., 2012)

Según Turrado et al. (2009), al finalizar la colecta de la fruta, el grupo Cavendish puede generar 8 t/ha de pseudotallo, 4,7 t/ha de hojas y 0,7 t/ha de pinzote. En general, las distintas especies y variedades de banano se diferencian por su tamaño, la disposición y dimensiones de las hojas, la forma y tamaño de los frutos, pero principalmente por la conformación del racimo de bananos. Se han realizado estudios sobre la participación de pinzote en el racimo de la variedad *Musa acuminata*, donde éste representa el 4,4 % en peso y para la variedad *Musa balbisiana* representa el 2,8 %.

Fig 1: Componentes de la planta de banano.



Fuente: Turrado et al., (2009)

Turrado et al. (2009), obtuvo resultados sobre las características físicas y químicas de dos variedades de banano entre el pinzote de *Musa balbisiana* y *Musa acuminata*, señaladas en la siguiente figura:

Tabla 1: Características morfológicas y químicas de *Musa balbisiana* y *Musa acuminata*

Parámetro	Pinzote	
	<i>Musa balbisiana</i>	<i>Musa acuminata</i>
Longitud (m)	0,70	1,25
Humedad (%)	92,32	93,73
Peso Húmedo (kg)	1,262	2,434
Lignina (%)	13.09	12.87
α -celulosa, (%)	38.13	40.21
Holocelulosa, (%)	74.87	75.27

Fuente: Turrado et al. (2009)

Tabla 2: Rendimiento teórico de pulpa obtenido a partir de los datos de Turrado et al. (2009)

PARÁMETRO	PINZOTE		M. Balbisiana	M. Acumita
	M. Balbisiana	M. Acuminata	Rendimiento teórico pulpa	Rendimiento teórico pulpa
Humedad (%)	92,32	93,73	2,93 %	2,52%
Peso húmedo (Kg)	1,261	2,434		
α - celulosa (%)	38,13	40,21		

Fuente: elaboración propia.

Los rendimientos obtenidos en la tabla 2, se calcularon con las fórmulas para % de humedad y peso seco utilizadas en el marco metodológico.

La utilización de fibra de plátano como materia prima alternativa en la elaboración de papel, resulta en las condiciones actuales una alternativa no solo viable y sostenible, sino que también, es una solución a la conservación de la biodiversidad biológica y al suministro de alimentos para la población mundial (Meneses et al., 2012)

Y como no existe actualmente ningún uso económicamente viable para el pinzote del plátano, es una opción ideal de la materia prima para la producción de papel (Meneses et al., 2012).

El proceso de obtención de celulosa a partir de los residuos del pinzote, es similar al proceso de obtención de celulosa a partir de fibras maderables (Meneses et al., 2012).

2.3. Glosario de términos básicos.

Contaminación ambiental (serkonten, 2017)

Se entiende por contaminación ambiental la incorporación al medio ambiente de agentes nocivos en cualquier estado y de origen tanto biológico, como físicos y químico peligrosos para la salud de los seres humanos, animales y plantas

Deforestación (cumbre pueblos, 2017)

Se considera un proceso provocado por la actividad humana centrada en la tala de árboles y en las quemas; en la que se va destruyendo toda la superficie forestal de cualquier tipo de medio ambiente, ya sea por motivos de industria maderera, así como también por la obtención de suelos para la agricultura o bien para fines de minería o ganadería, respectivamente.

Degradación de suelos (FAO, 2019)

Se define como un cambio en la salud del suelo resultando en una disminución de la capacidad del ecosistema para producir bienes o prestar servicios para sus beneficiarios.

Lignina (Chávez & Domine, 2013)

La lignina es uno de los biopolímeros más abundantes en las plantas y junto con la celulosa y la hemicelulosa conforma la pared celular de las mismas en una disposición regulada a nivel nano-estructural, dando como resultado redes de lignina-hidratos de carbono.

Celulosa (Sanz, S.F)

La celulosa es el componente fundamental de la pared de las células vegetales en plantas, madera y fibras naturales, y se encuentra combinada, generalmente, con sustancias como la lignina, hemicelulosas (carbohidratos más cortos principalmente pentosanos), pectinas y ácidos grasos.

Hemicelulosa (ACADEMIC, 2019)

Es un heteropolisacárido, forma parte de las paredes de las diferentes células de los tejidos del vegetal, recubriendo la superficie de las fibras de celulosa y permitiendo el enlace de pectina. En la madera del pino insignie, las hemicelulosas, que forman parte de la matriz, junto a la lignina, donde reside la celulosa, representan entre un 27 y un 29% de la misma, mientras que en la corteza solo alcanzan un 15%.

Holocelulosa (Diccionario.RAING, 2019)

Conjunto de polisacáridos estructurales de la madera, es decir, la celulosa más las hemicelulosas.

Banano (Vikidia, 2019)

Conocido como plátano (Chile, España, Perú, Venezuela), guineo (Ecuador, Centroamérica, México), banana (Argentina, Uruguay) o cambur (Venezuela) es una planta herbácea que se cultiva en casi todos los países tropicales y también en algunos países subtropicales. El tronco está formado por los tallos de las hojas. Las hojas nacen de un tallo subterráneo o rizoma. De este tallo subterráneo nacen varios "tallos" aéreos. Cada tronco aéreo dará fruto y luego morirá. Otros troncos nuevos continuarán la producción.

Cocción alcalina: Proceso de degradación de ciertos componentes químicos por medio del uso de un álcali fuerte, que normalmente se utiliza para obtener pulpas de papel a partir de materiales lignocelulósicos eliminando el contenido de lignina y hemicelulosa.

Rendimiento (Definición.DE, 2019)

Se refiere a la proporción que surge entre los medios empleados para obtener algo y el resultado que se consigue.

Residuo agrícola (EcuRed, 2019)

Fracción o fracciones de un cultivo que no constituyen la cosecha propiamente dicha. Estos residuos se obtienen de los restos de cultivos o de limpiezas que se hacen del campo para evitar las plagas o los incendios y pueden aparecer en estado sólido, como la leña, o en estado líquido, como los purines u otros elementos residuales obtenidos en actividades agropecuarias.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.

3.1. Enfoque y diseño.

Enfoque mixto.

Cuantitativo: Para la determinación del rendimiento de la pulpa de papel a partir del pinzote de cultivo de banano, aplicando diferentes concentraciones de NaOH.

Cualitativo: Para la evaluación comparativa mediante microscopía óptica, de las fibras obtenidas de la pulpa a partir del pinzote, con las fibras de cartón comercial, papel manila y papel bond.

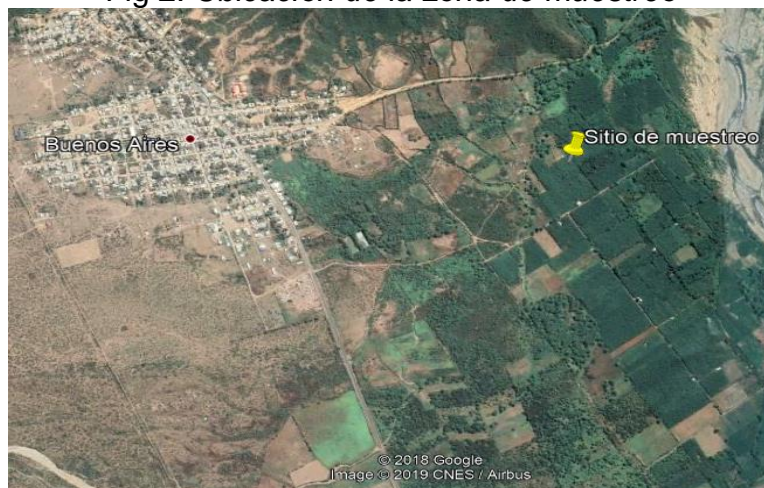
Diseño:

Experimental: para el estudio de las variables de rendimiento y tiempo de cocción alcalina con respecto a la concentración de NaOH.

3.2. Sujetos de la investigación.

EL universo de este experimento son todas las plantaciones de banano de la región, la población que se consideró fue la parcela de cultivo de banano “Santos Noriega” del sector La Pampa, distrito de Buenos Aires, provincia de Morropón, perteneciente a la cooperativa ASPROBO con un área de 1 Ha, situada en las siguientes coordenadas: latitud S 5° 16' 2.856" y longitud O 79° 57' 9.712", y las muestras fueron 15 pinzotes de 2.5 kg de peso cada uno aproximadamente, de los cuales se seleccionaron 5 para el experimento.

Fig 2: Ubicación de la zona de muestreo



Fuente: Google Heart

3.3. Métodos y procedimiento.

Se tomaron como referencia los protocolos de Torres (2000) además de *Barbé y Viñarás (2011)*, aplicando modificaciones en cuanto a la concentración del reactivo deslignificante (NaOH), para lograr optimizar el proceso de transformación del pinzote.

3.3.1. Localización y Toma de muestra.

Para la toma de muestra se empleó un muestreo no probabilístico, por conveniencia, puesto que el pinzote de cultivo de banano es un material residual que ya no forma parte del área cultivada, tomando 15 pinzotes como muestra

3.3.2. Pretratamiento de la muestra o materia prima.

Recolección y limpieza.

Esta operación se realizó manualmente seleccionando cada pinzote de manera que la materia prima esté libre de elementos extraños como tierra e insectos. Posteriormente las muestras frescas de pinzotes se llevaron en sacos a las instalaciones de la planta de procesos agroindustriales de la UNP para su procesamiento, en el laboratorio de control de calidad.

Determinación de humedad.

Se tomaron al azar tres muestras de pinzote fresco, de aproximadamente 5g cada una para hallar el contenido de humedad promedio. Se utilizó la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{a-b}{w} * 100$$

Donde:

a: Peso de la cápsula + muestra húmeda. w: Peso de la muestra.

b: Peso de la cápsula + muestra seca .

Fermentado en seco.

Una vez recolectado el pinzote se almacenó en bolsas plásticas por 7 días. De esta manera estuvo aislado del oxígeno externo con su propia humedad. Esto produjo un proceso de fermentación donde los azúcares, almidones, pectinas, gomas, etc., se degradaron. Este proceso benefició la posterior cocción, refinado y blanqueado.

Picado.

Una vez terminado el periodo de fermentación, los pinzotes de banano se lavaron con agua, ya limpios con ayuda de un cuchillo afilado se retiró la corteza y fueron cortados longitudinalmente en dos o en cuatro mitades (dependiendo de su grosor, que puede variar de 3 a 4 cm de diámetro), para cortarlos luego transversalmente en trozos de 5 cm de largo aproximadamente, con el fin de obtener pulpa de fibra larga.

Desmenuzado.

El proceso consistió en reducir de tamaño los pedazos de materia prima mediante su trituración con un rodillo, escurriendo posteriormente el bagazo generado para reducir su abundante contenido de agua y facilitar la penetración del líquido alcalino, reduciendo así, el tiempo de cocción y la concentración de NaOH.

3.3.3. Tratamiento químico de la muestra

Cocción.

El proceso de cocción alcalina fue necesario para la eliminación de la lignina, componente de la planta que rodea y enmascara la fibra de celulosa. Para este tratamiento se ensayaron 03 cocciones con temperatura controlada en 60 °C, en 3 muestras de 700g de pinzote, variando el porcentaje de álcali (al 2.5%, 3.5% y 5%), el tiempo de cocción osciló entre 45 minutos y una hora, en función de la concentración de NaOH, terminó cuando el bagazo se descompuso en hilos largos y se pudo deshacer algunos trozos de pinzote frotándolos entre los dedos.

Para realizar esta operación se utilizaron ollas de aluminio de 5 litros de capacidad, guantes de protección química (de cuero), lentes de seguridad y un termómetro industrial.

Ecurrido y lavado.

Después de cocinado el bagazo se obtuvo la pulpa, que se escurrió y exprimió hasta retirar el licor agotado que contiene la hemicelulosa y la lignina disueltas; luego se procedió a lavar con agua y a exprimir esta pulpa con ayuda de un tamiz, hasta lograr escurrir un líquido claro y registrar un pH entre 8 y 7. De no efectuar correctamente este procedimiento el papel resultante sería quebradizo y, además, algo higroscópico, facilitando el crecimiento de hongos y moho sobre la superficie debido a la presencia de hemicelulosa, material altamente higroscópico (Según método). Durante estas etapas se presentan como pérdidas aquellas que pasan a través del tamiz.

Determinación de Humedad y Cálculo del peso seco

Se tomó una muestra de 5 g de pulpa húmeda para el cálculo del contenido de humedad.

$$\% Humedad = \frac{a - b}{w} * 100$$

Donde :

a: Peso de la cápsula + muestra húmeda. w: Peso de la muestra.

b: Peso de la cápsula + muestra seca .

Luego:

$$100\% - \% Humedad = \% peso seco$$

Rendimiento del proceso.

Con el valor del peso seco de la pulpa, se procedió al cálculo y determinación del rendimiento del proceso de pulpeo con respecto al peso inicial de 700g de muestra de pinzote:

$$Rendimiento = \frac{Peso\ seco}{Peso\ fresco} * 100$$

Fibrilado.

Una vez obtenida la pulpa, esta se fibriló por medio de un molino mecánico y posteriormente con una licuadora. Esta operación se hizo para aumentar la unión por puentes de hidrógeno entre fibras. Aquí los haces fibrosos de celulosa se hinchan y, sobre todo, permiten que en las puntas se formen fibrillas a manera de “escoba”, que son las que facilitan las uniones antes mencionadas. Luego de realizada esta operación, la pulpa se escurre y se lava con agua hasta que el color cambia de café oscuro a amarillo pálido.

Blanqueado.

Una vez obtenida la pasta de papel, se procedió a realizar un proceso de blanqueado deslignificante con hipoclorito de sodio al 1% por 15 minutos, con el fin de eliminar residuos de lignina y lograr un color más claro. Según García et al., (1984), este método se aplica a pastas celulósicas que poseen bajo contenido de lignina residual como el pinzote de banano.

Evaluación microscópica de la pulpa.

A través de la microscopía óptica se compararon pulpas de papel de distinta procedencia (papel manila, cartón corrugado y papel bond) obtenidas con anterioridad con la pulpa de pinzote de banano. Para el análisis comparativo se tuvo en cuenta la morfología, la disposición de las fibras, así como también su longitud relativa y ancho relativo respecto la una de la otra.

Para el uso del microscopio óptico (Carl Zeiss), las pulpas fueron diluidas previamente (0.1 g de pulpa en 600ul de agua destilada) para luego ser dispuestas en un porta objeto, cubriendo con una laminilla el extendido. Las muestras fueron observadas en aumentos de 100x y 400x.

Para la comparación del largo y ancho relativo de las fibrillas, se usó una escala del 1-5 signos “más” (+). Donde un signo “más” es el menor tamaño y 5 es el mayor

Para la disposición de las fibras se evaluó el entramado calificándolo con valores: alto, medio y bajo.

En cuanto a la morfología se evaluó la rectitud y el curvado de las fibras como: fibras rectas, curvas y muy curvas.

Formación y secado de la hoja.

Para formar la hoja se utilizó un bastidor rectangular de área interna de 11 x 15 cm. en madera y forrado en tela de nylon. La delimitación de la hoja se hizo con un marco, del mismo tamaño del bastidor, colocado sobre la tela. La pulpa se mezcló en una tina, incorporando 400 gramos de pulpa fibrilada en 20 litros de agua; después de formada cada hoja, se repuso el 20% en peso de pulpa dentro de la tina, formándose 4 láminas de muestra. Antes de introducir el bastidor con el marco o forma dentro de la tina fue necesario agitar la mezcla ya que la fibra se sedimentó en el fondo. La forma se introdujo verticalmente en la tina y se fue ladeando a medida que iba entrando a la mezcla de pulpa y agua, hasta que quedó horizontal en el fondo de la tina. Se sacó rápidamente cuidando que quede un remanente de mezcla dentro de la forma; en este momento se agitó suavemente la forma en todas direcciones, mientras escurría el agua a través de la malla del bastidor, con movimientos cortos y rápidos de manera que no se salga la mezcla de su marco. El objetivo de estos movimientos fue que las fibras se orienten aleatoriamente y no en un solo sentido, como en el papel elaborado industrialmente, adquiriendo la hoja de papel ciertas características especiales de brillo, textura y resistencia. Posteriormente, se retiró el marco dejando solamente el bastidor con la hoja formada sobre este. Esta operación es muy importante, ya que, si no se hace

cuidadosamente, la pulpa que forma la hoja no queda uniformemente repartida y por tanto, la hoja quedaría más gruesa en una sección que en otra. Para desprender la hoja del bastidor se absorbió, lo más que se pudo el agua remanente con una esponja; cuando la hoja aún húmeda tuvo una consistencia adecuada, se levantó con cuidado de una de sus esquinas y se colgó sobre cuerdas para que se seque al aire libre. Terminado el secado, las hojas se alisaron frotando cada una entre las manos, o bien si se quiere más lisa, se plancha con vapor quedando lista para ser utilizada.

3.4. Técnicas e instrumentos.

3.4.1. Tipo de muestreo: Simple, ya que se realizó por única vez.

3.4.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

De campo: Se obtuvieron muestras frescas de la materia prima requerida que permitieron realizar los posteriores experimentos, además de información necesaria sobre el cultivo, y la utilización del GPS para georeferenciar la ubicación del predio.

De laboratorio: Se realizaron ensayos de cocción alcalina a diferentes concentraciones, análisis gravimétricos para determinar % de humedad, peso seco, y evaluación microscópica con el fin de obtener resultados cuantitativos y cualitativos, respectivamente; que validen y respalden el estudio realizado.

Los instrumentos utilizados fueron: mufla, balanza analítica, termómetro industrial, pH-metro, crisoles, microscopio óptico, mortero cerámico.

De gabinete: Se empleó la revisión documental en la cual se procedió a la revisión detallada de información en sitios web de portales y bases de datos para extraer antecedentes y bases teóricas que respalden el proyecto.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.

4.1. Resultados.

Tabla 3: Determinación de humedad del pinzote de cultivo de banano.

N° Muestra	Peso de la muestra	% de Humedad
01	5.06	91.532
02	5.02	94.031
03	5.05	92.552
	Promedio	92.705

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3, se puede observar un gran contenido porcentual de humedad en el pinzote de banano, lo cual puede influir de forma significativa en el rendimiento de pulpa.

Tabla 4: Determinación de humedad y peso seco de la pulpa obtenida.

Concentración de NaOH	Peso húmedo de la pulpa obtenida (g)	% de humedad de la pulpa obtenida	Peso seco de la pulpa obtenida (g)
2.5%	85.1	79.2%	17.7
3.5%	88.4	79.5%	18.122
5%	85.7	78.7%	18.25

Fuente: elaboración propia.

La tabla 4, muestra los valores porcentuales de humedad de la pulpa obtenida, inmediatamente después del drenado y enjuague del licor de NaOH. Se observa también el peso húmedo y peso seco de la misma.

Tabla 5: Tiempos de cocción y rendimientos.

Concentración de NaOH %	Peso de Muestra de Pinzote	Tiempo de cocción (min)	Rendimiento de pulpa. %
2.5 %	700	60	2.53%
3.5%	700	50	2.58
5%	700	45	2.61

Fuente: elaboración propia.

La tabla 5, muestra el rendimiento en pulpa de papel del pinzote de banano a distintas concentraciones de NaOH y tiempos de Cocción. Los mejores resultados se obtuvieron con una concentración de NaOH del 5% y una cocción de 45 minutos a partir de la ebullición. Las fibras obtenidas tienen una buena resistencia, y color oscuro antes del blanqueado (ver anexo 4).

Resultados de la evaluación microscópica de la pulpa.

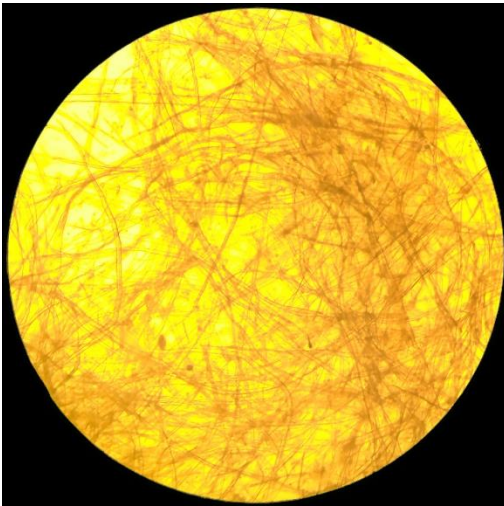
Se logró observar la estructura característica de las fibras de celulosa en cada una de las muestras observadas. A continuación se muestra y compara la morfología, disposición, tamaño y ancho de las fibras visualizadas en aumentos de 100x y 400 x.

Tabla 6: Evaluación microscópica de la pulpa de pinzote de banano

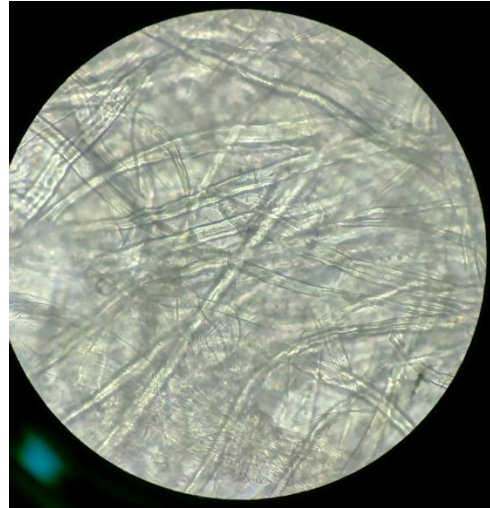
	Papel manila	Cartón corrugado	Papel bond	Pulpa de pinzote de banano
Longitud relativa	+++	+++++	++++	+++++
Ancho relativo	+++	++++	+++++	+++
Disposición	Entramado muy alto	Entramado medio	Entramado alto	Entramado alto
Morfología	Fibras rectas y ligeramente curvas	Fibras rectas y rígidas	Fibras rectas y ligeramente curvas	Fibras Rectas y curvas

Fuente: elaboración propia

Fig 3: Pulpa de papel manila:



Vista a 100x

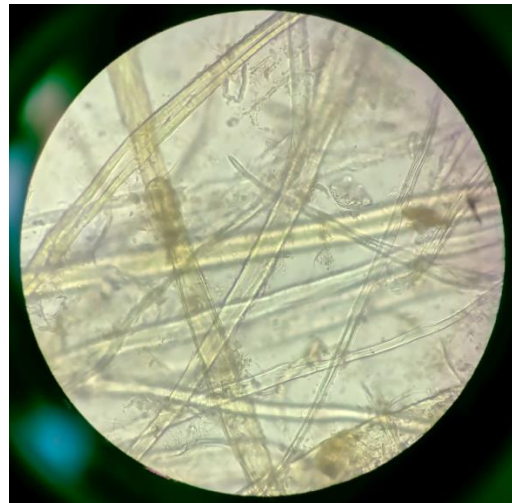


Vista a 400x

Fig 4: Pulpa de cartón Corrugado:



Vista a 100x



Vista a 400x

Fig 5: *Pulpa de papel bond:*



Vista a 100x

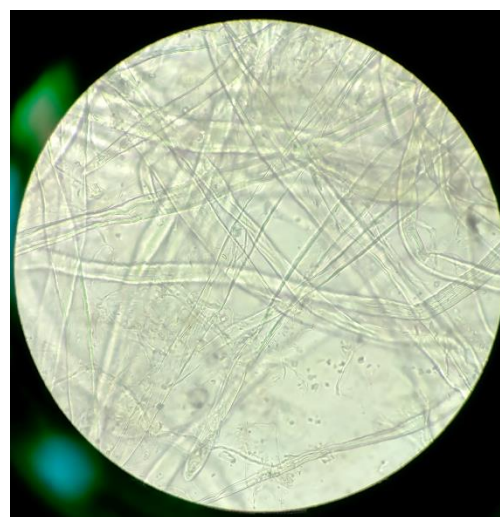


Vista a 400x

Fig 6: *Pulpa de pinzote de banano:*



Vista a 100x



Vista a 400x

4.2. Discusiones.

Turrado (2009) encontró en su estudio “PINZOTE de Musa balbisiana y Musa acuminata como Fuente de Fibras para Papel. *Información tecnológica*” que la humedad de estas variedades de pinzote osciló entre 92 y 94%.

De la misma manera se puso de manifiesto en este estudio el alto contenido de humedad del pinzote de banano variedad Cavendish, parámetro que influye significativamente en el rendimiento de pulpa de papel. Siendo el peso húmedo en promedio 86.4 g y el peso seco 18.024 g.

En el caso de fibras no madereras, las pulpas alcalinas se logran mediante un licor de cocción compuesto de soda cáustica que contribuye a que la cocción sea más rápida debido a que este tipo de fibras se impregnan con gran facilidad y tienen un contenido bajo de lignina, además de que este reactivo posee una gran interacción con el material ligno-celulósico y ayuda a obtener pastas más resistentes y más limpias. (Torres, 2000; García et al., 1984; Saldivar Chea, 2005).

De acuerdo con estos autores, en este estudio se observó una rápida cocción y separación de las fibras de celulosa de los demás componentes orgánicos del pinzote de banano cuyo tiempo osciló entre 45 minutos y 1 hora. Así mismo el nivel de separación de las fibras se pudo verificar mediante microscopía óptica observando fibras largas, individuales y bien definidas, entrecruzadas en un entramado tupido que le brinda solidez a la pulpa de papel obtenida, como se puede observar en la Tabla 5.

Turrado (2009), para la obtención de pulpa de papel con pinzote de banano, utilizó una temperatura de 120 °C y aplicó NaOH a 6, 8, 10 y 12%, conservando los tiempos de cocción. Esta experimentación condujo a menor degradación de la fibra, mayor consumo de sosa y mayor rendimiento con 10 % de sosa y 60 min de cocción.

En esta investigación se demostró que la concentración del NaOH influye directamente en el rendimiento de la obtención de pulpa de papel, obteniéndose mejores resultados con la concentración del 5% de NaOH en un tiempo de 45 minutos.

García & Vidal (1984), mencionan que La lignina residual no eliminada durante el proceso de cocción es la responsable del color de la pasta cruda. En la etapa de extracción alcalina se elimina una gran cantidad de esta lignina, pero todavía quedan cantidades suficientes de ella y sus derivados, para dar color a la pasta. Durante el blanqueo con hipoclorito de sodio, la lignina residual de la pasta es degradada y eliminada como lo demuestra el incremento de su blancura.

Tal y como lo mencionan García & Vidal, la pulpa obtenida inmediatamente después de enjuagar el licor de NaOH fue de un color oscuro (ver anexo 4), evidencia de que aún permanecían restos de lignina, hasta su posterior blanqueamiento con hipoclorito de sodio (anexo 5).

Sanz (2011), explica la distribución del contenido ligno-celulósico, clasificándolo en: Alfa-celulosa (contenido útil), Beta-Celulosa (celulosa degradada y algo de hemicelulosa), Gamma-Celulosa (principalmente hemicelulosa), Lignina, Cenizas (principalmente compuestos de silicio), y Extraíbles (ácidos resinosos y ácidos grasos).

Así mismo, Turrado et al. (2009), determinó experimentalmente el contenido porcentual de los diversos tipos de celulosa (Tabla 1) descritos por Sanz, para dos variedades de pinzote de banano, cuyos valores pueden manejarse para obtener un rendimiento teórico de ambas a partir del porcentaje registrado de Alfa-celulosa. Obteniendo como resultado valores muy semejantes a los rendimientos reales en esta investigación (Tabla 2 y tabla 5)

Para considerar a una planta como fuente de obtención de fibras para pulpa y papel, dependerá principalmente de la forma de sus células. Las fibras se caracterizan por tener una longitud mucho mayor que su diámetro, además que las propiedades celulósicas le otorgan al papel elasticidad, flexibilidad y resistencia a la tensión requeridas (Saldívar Chea, V., 2005),

De acuerdo a este autor, se corroboró que las fibras de pulpa de pinzote de banano son muy semejantes a las fibras obtenidas de la pulpa de otros tipos de papel, ya que se ajusta a su descripción en cuanto a su longitud, ancho, forma y entramado.

Según Peña et al., (2002), En cuanto al cultivo de banano, se puede obtener fibra de 4 hasta 40 mm, que pueden ser utilizadas para papeles de alta resistencia. Como se puede apreciar al compararlas con las longitudes de las otras fibras.

En este estudio se evidenció mediante microscopía óptica que la longitud de las fibras obtenidas del pinzote de banano es similar a las fibras de los distintos tipos de papel observados (tabla 5).

Según Nuñez, C., (2008), en su análisis de microscopía óptica en fibras de madera, define cuatro parámetros morfológicos que poseen mayor o menor influencia en las propiedades del papel. Ellos son: longitud de fibra, ancho de fibra, espesor de pared de fibra y ángulo fibrilar.

En nuestro estudio para determinar estos parámetros, se observó y comparó mediante microscopía óptica a aumentos de 100x y 400x la pulpa de papel obtenida a partir del pinzote de banano con 3 diferentes tipos de pulpa de papel comercial (manila, bond y cartón), hallando que las fibras de pinzote son muy similares a las otras en cuanto a longitud y ancho, lo que nos permite evidenciar y deducir sus características y su calidad.

CONCLUSIONES:

- ✓ Los residuos agrícolas del pinzote de cultivo de banano fueron aprovechados de forma eficiente en la generación de pulpa de papel, validando nuestros resultados en los antecedentes citados y los estudios realizados.
- ✓ De las tres diferentes concentraciones de NaOH utilizadas la que tuvo mayor eficiencia en el tiempo de cocción de la fibra y rendimiento de la pulpa de papel fue la del 5%, reduciendo el tiempo de cocción a 45 minutos y dando un rendimiento del 2,61% en pulpa de papel.
- ✓ El análisis comparativo en el microscopio reveló que la pulpa de papel del pinzote de banano presenta una morfología y distribución de fibras muy similares a las pulpas de diferentes tipos de papel comerciales, principalmente en el largo y ancho de sus fibras.

RECOMENDACIONES:

- ✓ Se recomienda continuar con la investigación del aprovechamiento de los residuos del cultivo de banano, ya que es una propuesta interesante que contribuye a generar beneficios económicos y ambientales.
- ✓ Se recomienda utilizar altas temperaturas para la cocción de las fibras, puesto que la temperatura promueve una mejor remoción de los compuestos lignosolúcticos.
- ✓ Para una mayor calidad de las fibras se recomienda investigar sobre compuestos blanqueadores y polímeros que le brinden mayor estabilidad a la pulpa de papel.
- ✓ Para futuras investigaciones se recomienda el trabajo con enzimas ligninanas, y con peróxido de hidrógeno, ya que se evitaría trabajar con químicos contaminantes del ambiente

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, S., Ramírez, J. y Malagón, O. (2007). Extracción de fibras no leñosas: Cabuya (*Furcraea andina* Trel.) y Banano (*Musa paradisiaca* L.) para estandarizar un proceso tecnológico destinado a la elaboración de pulpa y papel. *Revista Iberoamericana de polímeros*, 8(2), 89-98.

Alarcón, L. C. y Marzocchi, V. A. (2015). Evaluation for paper ability to pseudo stem of banana tree. *Procedia Materials Science*, 8, 814-823.

Barbé, J. & Viñarás, J. (2011). Elaboración de papel con pinzote de banano como materia prima. España: Eskulan. <http://eskulan.com/2011/09/30/elaboracion-de-papel-con-pinzote-de-banano-como-materia-prima/>

Braier, G., Esper, N., & Corinaldesi, L. (2004). Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina al año 2020. *Informe Nacional*, 1.

Calle, N., Fernandez, E., Godoy, M., Sempertegui, F. y Patiño, K. F. (2014). Elaboración de papel a partir de fibras vegetales no maderables (Pinzote de plátano). Universidad Autónoma "Gabriel René Moreno"- Bolivia. Disponible en <http://www.dui.uagrm.edu.bo/Informacion/Expociencia2014/1670.pdf>

García Hortal, J., & Vidal Lluciá, T. (1984). *Blanqueo de pastas en la industria papelera*. UPC, ETSII de Terrassa.

García, J. A. (2007). Fibras papeleras. *Universidad Politécnica Cataluña*.

López, C. (2011). Elaboración de papel con pinzote de banano como materia prima. Disponible en <http://eskulan.com/2011/09/30/elaboracion-de-papel-con-pinzote-de-banano-como-materia-prima/>

Meneses, M. M., Agatón, L. L., Gutiérrez, L. F. M., Mendieta, L. E. G., & Botero, J. D. (2012). Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas. *Revista Educación en Ingeniería*, 5(9), 128-139.

Núñez, Carlos E., (2008). Pulpa y papel I 4ª parte. Anatomía de la Madera. Disponible en <http://www.cenunez.com.ar/archivos/71-PulpayPapellCuartaParte.pdf>

Pande, H. (1999). Fibras no leñosas suministro mundial de fibras. *Fuentes*, 23, 471.

Peña Giraldo, J.A. y Gonzales Peña, R.O. (2002). Estudio de prefactibilidad para la producción de pulpa para papel aprovechando los desechos del cultivo del platano en la región del Viejo Caldas. Universidad Nacional de Antioquia, Manizales (Colombia). Facultad de Ciencias y Administración

Saldívar Chea, V. E. (2005). Estudio de tres variables en la obtención de pulpa celulósica con proceso de alto rendimiento, a partir del tallo de arroz (*Oryza sativa* L.) (No. K50 S2-T). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima (Peru). Facultad de Ciencias Forestales.

Sanz Tejedor, A., (2011). Tecnología de la celulosa. La industria papelera. Disponible en <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php>

Soto Caba, M. Á. (2005). El consumo de papel y sus implicaciones sobre los bosques y el medioambiente. Cuadernos de biodiversidad, nº 17 (mayo 2005); pp. 21-26.

Torres ,M. (2000). Normalización del proceso de elaboración de papel artesanal a partir de tallos de maíz (*Zea Mayze*)(Universidad de La Sabana, Colombia).

Turrado, J., Saucedo, A. R., Sanjuán, R., & Sulbaran, B. (2009). PINZOTE de *Musa balbisiana* y *Musa acuminata* como Fuente de Fibras para Papel. *Información tecnológica*, 20(4), 117-122.

ANEXOS

Anexo 1: Sitio de muestreo (Distrito de Buenos Aires- Morropón)



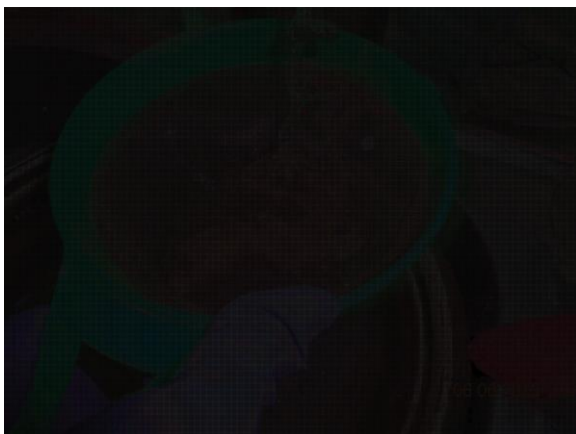
Anexo 2: Pretratamiento de la muestra (Laboratorio de control de calidad CEIA-UNP)



Anexo 3: Tratamiento de la muestra



Anexo 4: *Obtención de la pulpa.*



Anexo 5: Blanqueamiento de la pulpa



Anexo 6: Fibrilación o Refinado.



Anexo 7: Evaluación por microscopía óptica
(Laboratorio de microbiología-UNP)

